

#5 Priority
HAWK
2-4-03

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application Serial No. 09/975,920
Filing Date October 10, 2001
Inventor Thomas Dieker
Assignee Carl-Zeiss Stiftung
Group Art Unit 1734
Examiner Unknown
Attorney's Docket No. LO25-005
Title: Temperature Compensation Apparatus for Thermally Loaded Bodies of Low Thermal Conductivity

CLAIM FOR PRIORITY

To: Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

From: D. Brent Kenady
(Tel. 509-624-4276; Fax 509-838-3424)
Wells, St. John, Roberts, Gregory & Matkin P.S.
601 W. First Avenue, Suite 1300
Spokane, WA 99201-3828

RECEIVED
MAR 27 2002
TC 1700


Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. §119, applicant hereby claims the benefit of the filing date of applicant's corresponding German Patent Application No. 100 50 125.7, filed on 11 October, 2000 (11.10.00). This German Patent Application is referred to in applicant's Declaration.

A certified copy of the originally filed German Patent Application is enclosed. Acknowledgment of receipt of this priority document is respectfully requested.

Respectfully submitted,

Dated: 1-17-02

By: 
D. Brent Kenady
Reg. No. 40,045



RECEIVED
MAR 27 2002
TC 1700

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 100 50 125.7

Anmeldetag: 11. Oktober 2000

Anmelder/Inhaber: Firma Carl Zeiss, Heidenheim an der Brenz/DE

Bezeichnung: Vorrichtung zum Temperatenausgleich für thermisch belastete Körper mit niederer Wärmeleitfähigkeit, insbesondere für Träger reflektierender Schichten oder Substrate in der Optik

IPC: G 02 B, G 03 F, H 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. September 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Ebert



Vorrichtung zum Temperatenausgleich für thermisch belastete Körper mit niederer Wärmeleitfähigkeit, insbesondere für Träger reflektierender Schichten oder Substrate in der Optik

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ausgleich von Temperaturdifferenzen in thermisch belasteten Körpern, insbesondere für Träger reflektierender Schichten oder Substrate in der Optik nach der im Oberbegriff von Anspruch 1 näher definierten Art. Die Erfindung betrifft insbesondere Vorrichtungen für Spiegelträger, die in Projektionsobjektiven für die Halbleiter-Lithographie eingesetzt werden.

Wärmeverteilungsvorrichtungen sind in der Halbleiter-Lithographie allgemein bekannt. So beschreiben z.B. die US 5,220,171 und US 5,413,167 Wärmeverteilungsvorrichtungen zur Kühlung von Wafern unter Verwendung einer in Kanälen geführten Flüssigkeit als Wärme transportierendes Medium.

Auch die US-PS 5,313,333 befaßt sich mit Einrichtungen zur Kompensation von Temperaturabweichungen in einer optischen Baugruppe.

Die japanische Veröffentlichung JP 83 13 818 offenbart einen Spiegel mit einer Deckplatte, die eine Spiegelschicht aufweist, und einer darunter angeordneten Unterplatte, die auf Abstand dazu liegt, wobei beide Teile durch Stege und dazwischen liegende Kammern miteinander verbunden werden.

Ein Spiegelträger in einem Projektionsobjektiv für die Halbleiter-Lithographie wird durch absorbierte Nutzstrahlenergie erwärmt. Daraus ergeben sich zwei voneinander zu unterscheidende Temperaturprobleme:

Das eine Problem besteht in einer zu starken Erhöhung der mittleren Substrattemperatur. Dadurch kann es zu Veränderungen im Gefüge von Substrat- und Schichtmaterialien kommen, die sich

Für beide Thermalprobleme, insbesondere aber für das der inhomogenen Temperaturverteilung sollte eine Lösung gefunden werden. Zum besseren Verständnis der besonderen Wirkungsweise ist im folgenden das Problem der inhomogenen Temperaturverteilung noch näher erläutert:

Während der Wärmeeintrag fast ausschließlich über die optische Oberfläche erfolgt, vollzieht sich die Abgabe der Wärme hauptsächlich durch Abstrahlung an Spiegelrand und Spiegelrückseite und zum Teil durch Wärmeleitung über die Fassung. Da die Stellen des Wärmeeintrags damit woanders liegen als die des Wärmeaustrags, kommt es aufgrund des thermischen Widerstands des Substratmaterials zur Ausbildung von Temperaturgradienten.

2



wie Quarz, Zerodur oder ULE oftmals beschrieben und führt zu einer für viele Anwendungen hinreichend niedrigen Substratdeformation. Nachteilig an den genannten Materialien ist jedoch ihre im Vergleich zu metallischen Werkstoffen viel niedrigere Wärmeleitfähigkeit, die zu verhältnismäßig großen Temperaturdifferenzen innerhalb des thermisch belasteten Spiegelträgers führt und den deformationsmindernden Effekt des niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zum Teil wieder zunichtemacht. Diese Tatsache wirkt sich insbesondere bei Spiegelträgern in Halbleiter-Lithographieobjektiven für die 13nm-Technologie (EUVL) sehr nachteilig aus, da wegen des hohen Absorptionsgrades einer einzelnen optischen Oberfläche von etwa 40 % im 13nm-Band der Wärmestrom im Spiegelträger sehr groß wird und damit auch große Temperaturdifferenzen im Substrat auftreten. Gleichzeitig sind die Anforderungen an die Oberflächenformgenauigkeit bei einem Spiegelsystem, wie es ein EUVL-Objektiv darstellt, erheblich größer als bei Linsenoptiken, wie sie zur Zeit in der Halbleiter-Lithographie hauptsächlich eingesetzt werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zu schaffen, durch die die Wärmeverteilung in dem thermisch belasteten Körper ohne die Gefahr von Wärmedeformationen verbessert wird und ohne daß gleichzeitig der niedrige thermische Ausdehnungskoeffizient verschlechtert wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

Erfindungsgemäß erfolgt nun eine Trennung zwischen einer mechanischen Kopplung und einer thermischen Kopplung gegenüber dem thermisch belasteten Körper. Zwischen der Wärme verteilenden und Wärme abführenden Wärmeverteilungseinrichtung, die z.B. in den thermisch belasteten Körper eingebettet oder an diesem angeordnet ist, und dem thermisch belasteten Körper, wird in einen entsprechend geschaffenen Spalt oder in einer Zwischenspalte ein Koppelfluid eingebracht. Das Koppelfluid sorgt für eine thermische Kopplung zu der Wärmeverteilungseinrichtung, entkop-

pelt aber diese gleichzeitig mechanisch von dem thermisch belasteten Körper. Auf diese Weise werden Verformungen der Wärmeverteilungseinrichtung nicht auf den thermisch belasteten Körper, z.B. ein Spiegelsubstrat bzw. einen Spiegelträger, übertragen.

Als Wärmeverteilungskörper kann dabei ein massiver Festkörper aus einem Material hoher spezifischer thermischer Leitfähigkeit, wie z.B. Cu, Al, Ag etc. eingesetzt werden. Eine andere Ausführungsform eines Wärmeverteilungskörpers besteht aus einem mit Kapillaren durchzogenen dünnwandigen Festkörper, z.B. einem Rohr, dessen Kapillare von einem zweiten Fluid durchströmt werden. Hier erfolgt die Wärmeverteilung durch Mitführung der Wärme mit dem strömenden Fluid.

Das Koppelfluid, das den Spalt zwischen dem Substrat, also dem thermisch belasteten Körper, und dem Wärmeverteilungskörper ausfüllt, kann eine Flüssigkeit, ein Gas oder auch ein Stoff mit hinreichend niedriger Viskosität sein. Bevorzugt werden Flüssigkeiten mit guter thermischer Leitfähigkeit, wie z.B. Wasser, Quecksilber oder bei Raumtemperatur flüssige Metalllegierungen.

Um einen deformierenden Einfluß des Mediendrucks des Koppelfluids auf den thermisch belasteten Körper auszuschließen, kann die Wärmeverteilungseinrichtung eine Einrichtung zum Druckausgleich zwischen dem Koppelfluid und der äußeren Umgebung des thermisch belasteten Körpers beinhalten. Die Einrichtung kann in Form eines Steigrohres oder eines elastischen Gefäßes z.B. einem Metallmembranfaltenbalg ausgeführt sein. Bevorzugt wird die Ausführung mit einem aus einem Metallmembranfaltenbalg gebildeten elastischen Gefäß, da hiermit die Möglichkeit besteht, das Koppelfluid gegenüber der Substratumgebung abzudichten und so ein Auslaufen oder Ausgasungen des Koppelfluids zu verhindern.

Das Koppelfluid, das den Spalt zwischen dem thermisch belasteten Körper und dem Wärmeverteilungskörper ausfüllt, führt keine

Bewegung aus, strömt also nicht. Dadurch sind Druckunterschiede innerhalb des Spaltvolumens aufgrund von Strömungsdruckabfällen ausgeschlossen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung sorgt für eine deutliche Reduzierung der Temperaturdifferenz innerhalb des thermisch belasteten Körpers und damit für eine Reduzierung thermisch induzierter Deformationen der optischen Oberfläche, wobei durch den hohen Grad der mechanischen Entkopplung zwischen der Wärmeverteilungseinrichtung und dem thermisch belasteten Körper insbesondere den hohen Anforderungen der Halbleiter-Lithographie an die Formstabilität der optischen Oberflächen Rechnung getragen wird.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Wärmeverteilungseinrichtung mit einer oder mehreren Temperiereinrichtungen verbunden. Mit dieser Weiterbildung ist es möglich, die mittlere Temperatur des thermisch belasteten Körpers zu reduzieren und zu stabilisieren. Als Temperiereinrichtungen können beispielsweise Peltierelemente verwendet werden, deren kühlende Seite direkt mit dem Wärmeverteilungskörper der Wärmeverteilungseinrichtung verbunden ist und dessen wärmere Seite die vom thermisch belasteten Körper aufgenommene Wärme sowie die beim Betrieb des Peltierelements anfallende Verlustenergie durch Wärmestrahlung an die Umgebung abgibt. In einer anderen Ausführung wird der Wärmeverteilungskörper von einer Kühlflüssigkeit durchströmt, die aus dem Wärmeverteilungskörper herausgeführt wird und über eine außerhalb der Wärmeverteilungseinrichtung liegende Temperiertvorrichtung gekühlt wird.

Weitere vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und aus den nachfolgend anhand der Zeichnung prinzipmäßig beschriebenen Ausführungsbeispielen.

Es zeigt:

strömt wird, welches aus der Wärmeverteilungseinrichtung herausgeführt und in einer außerhalb liegenden Temperiertvorrichtung temperiert wird.

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung mit einer Wärmeverteilungseinrichtung, die an eine äußere Oberfläche 5 eines thermisch belasteten Körpers 1 adaptiert ist. Die Wärmeverteilungseinrichtung besteht aus einem Wärmeverteilungskörper 11, einem Koppelfluid 17, einer Druckausgleichseinrichtung 19 und einer Befüllungseinrichtung 21. Der Wärmeverteilungskörper 11 ist als massiver Körper aus einem Material hoher spezifischer Wärmeleitfähigkeit, wie z.B. Cu, Al, Ag, Al_2O_3 oder SiC ausgeführt, und ist so gestaltet und angeordnet, daß zwischen dem thermisch belasteten Körper 1 und dem Wärmeverteilungskörper 11 ein enger Spalt 18 verbleibt, der mit dem Koppelfluid 17 ausgefüllt ist. Das Fluid, z.B. He oder ein anderes Edelgas bzw. H_2O , Hg oder eine bei Raumtemperatur flüssige Metallegierung, sorgt für einen guten Wärmeübergang zwischen der äußeren Oberfläche des thermisch belasteten Körpers und dem Wärmeverteilungskörper, während es gleichzeitig die Übertragung von Deformationen des Wärmeverteilungskörpers auf den thermisch belasteten Körper verhindert.

Die Druckausgleichseinrichtung 19 ist als Metallmembranfaltensbalg 20 ausgeführt, der zugleich die Umgrenzung der thermischen Koppelfläche bildet und den thermisch belasteten Körper 1 und den Wärmeverteilungskörper 11 miteinander verbindet. Die Druckausgleichseinrichtung 19 sorgt für einen Druckausgleich zwischen der äußeren Umgebung 9 und dem Koppelfluid 17, so daß an allen Oberflächen des thermisch belasteten Körpers nahezu der gleiche Flächendruck wirkt. Des weiteren verhindert die Druckausgleichseinrichtung 19 eine Veränderung des Mediendrucks des Koppelfluids 17 bei Formänderungen des Wärmeverteilungskörpers 11. Der Metallmembranfaltensbalg 20 dichtet zudem das Koppelfluid 17 gegen die äußere Umgebung 9 ab und dient als Befestigungselement niedriger Steifigkeit, mit dem die Wärmeverteilungseinrichtung an den thermisch belasteten Körper 1 befestigt ist.

gen des Strömungsdruckabfalls örtlich unterschiedliche Medien-
drücke auf. Die Halterung des Wärmeverteilungskörpers erfolgt
über eine feste Verbindung zwischen Wärmeverteilungskörper und
thermisch belastetem Körper 1 im Bereich der Öffnung 10 im Un-
terteil des thermisch belasteten Körpers, aus welcher der Wär-
meverteilungskörper aus dem inneren Volumen herausgeführt wird.

Figur 7 zeigt eine Vorrichtung mit einer Wärmeverteilungsein-
richtung entsprechend der Ausführung nach Figur 2 mit dem Un-
terschied, daß der Wärmeverteilungskörper 11 mit einer Vielzahl
von thermisch gut leitfähigen Fingern 16 versehen ist, die
durch entsprechende Bohrungen 42 im Oberteil 2 des thermisch
belasteten Körpers 1 bis nahe an die optische Oberfläche 40
heranreichen. Durch die konstruktive Variante können insbeson-
dere Temperaturgradienten reduziert werden, die senkrecht zur
optischen Oberfläche gerichtet sind, die also quasi von oben
nach unten verlaufen.

Die Figuren 8 und 9 zeigen eine Weiterbildung einer Wärmever-
teilungseinrichtung entsprechend der Ausführung nach Figur 1.
Die Wärmeverteilungseinrichtung ist dabei zusätzlich mit einer
Temperiereinrichtung 31, bestehend aus ein oder mehreren Pel-
tierelementen 32, einem Temperatursensor 36 und einem Tempera-
turregelgerät 38 ausgestattet. Diese Weiterbildung ermöglicht
es, die mittlere Temperatur des thermisch belasteten Körpers 1
weitgehend unabhängig von der Höhe der pro Zeiteinheit absor-
bierten Nutzstrahlenergie konstant zu halten. Da zur Stabili-
sierung der Temperatur meist Wärme aus dem thermisch belasteten
Körper 1 herausgeführt werden muß, sind die Peltierelemente 32
mit ihrer kühleren Seite 33 flächig mit dem Wärmeverteilungs-
körper 11 verbunden, während die wärmere Seite 34 frei bleibt
und so angeordnet ist, daß die von dieser Fläche abgegebene
Wärme in Form von Strahlung an die umliegende Strukturumgebung
abgegeben werden kann. Zur Temperaturbestimmung ist der Tempe-
ratursensor 36 in den Wärmeverteilungskörper 11 eingebettet.
Elektrische Zuleitungen 35, 37 der Peltierelemente 32 und des
Temperatursensors 36 führen zu dem Temperaturregelgerät 38, so
daß ein geschlossener Regelkreis entsteht.

Zusammenfassung:

Vorrichtung zum Temperatenausgleich für thermisch belastete Körper mit niedriger Wärmeleitfähigkeit, insbesondere für Träger reflektierender Schichten oder Substrate in der Optik
(Fig. 1)

Bei einer Vorrichtung zum Temperatenausgleich für thermisch belastete Körper aus Materialien niedriger spezifischer Wärmeleitfähigkeit, insbesondere für Spiegelträger in der Optik, wie z.B. in Projektionsobjektiven für die Halbleiter-Lithographie, ist eine Wärmeverteilungseinrichtung mit ein oder mehreren Wärmeverteilungskörper (11,13) so an Oberflächen (5,6) des thermisch belasteten Körpers (1) adaptiert, daß zwischen dem thermisch belasteten Körper (1) und der Wärmeverteilungskörper (11) ein Spalt (18) verbleibt, der zum Zwecke der thermischen Kopplung von thermisch belasteten Körper und Wärmeverteilungskörper bei gleichzeitiger mechanischer Entkopplung mit einem Fluid ausgefüllt ist.

[illegible]

10

Die Befüllungseinrichtung 21 ist im Unterschied zur Ausführung nach Figur 2 ebenfalls an den Trägerkörper 26 adaptiert und über den durch den Trägerkörper 26 führenden Befüllungskanal bzw. Verbindungskanal 24 mit dem Spalt 18 verbunden. Der Trägerkörper 26 ragt von außen durch eine Öffnung 10 im Unterteil 3 des thermisch belasteten Körpers 1 in das innere Volumen des thermisch belasteten Körpers hinein und ist dort fest mit dem

Wärmeverteilungskörper 11 verbunden.

Zwischen dem thermisch belasteten Körper 1 und dem Trägerkörper 26 gibt es keine direkte Verbindung, vielmehr sind beide Teile durch einen fluidgefüllten Spalt 41 voneinander getrennt. Das im Spaltvolumen befindliche Fluid wird mit Hilfe eines dichtenden elastischen Elements 28 geringer Steifigkeit, z.B. einem Metallmembranfaltensbalg, das zwischen Unterteil 3 des thermisch belasteten Körpers und Trägerkörper 26 angeordnet ist, gegenüber der äußeren Umgebung 9 abgedichtet. Durch die geringe Steifigkeit des dichtenden elastischen Elements 28 sind die über dieses Element übertragenen Kräfte bei Relativbewegungen zwischen Trägerkörper 26 und thermisch belasteten Körper 1 so gering, daß dadurch keine nennenswerte Deformation der optischen Oberfläche verursacht wird.

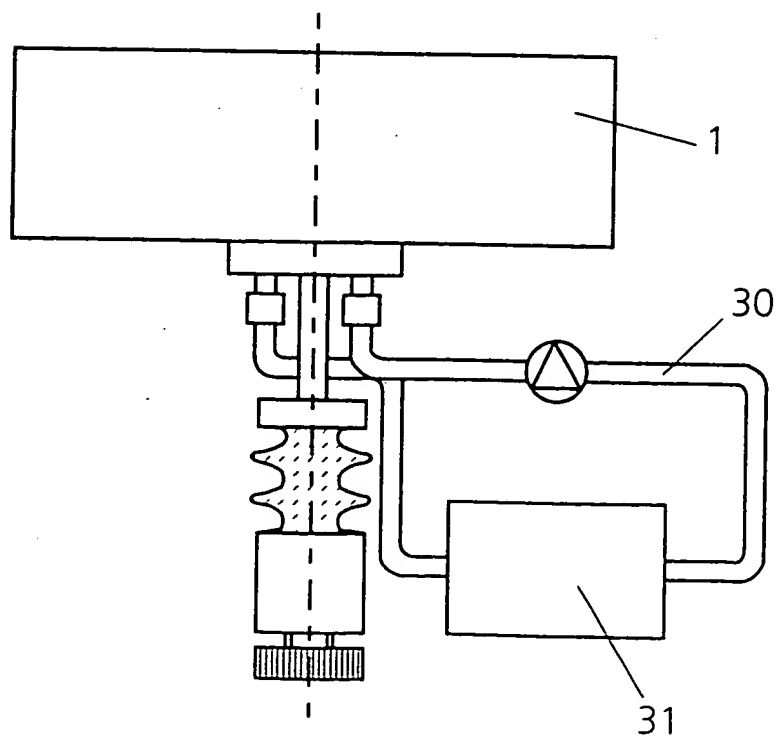
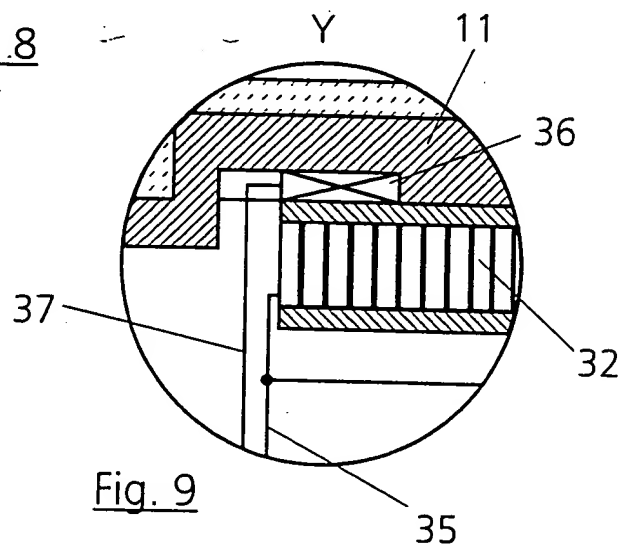
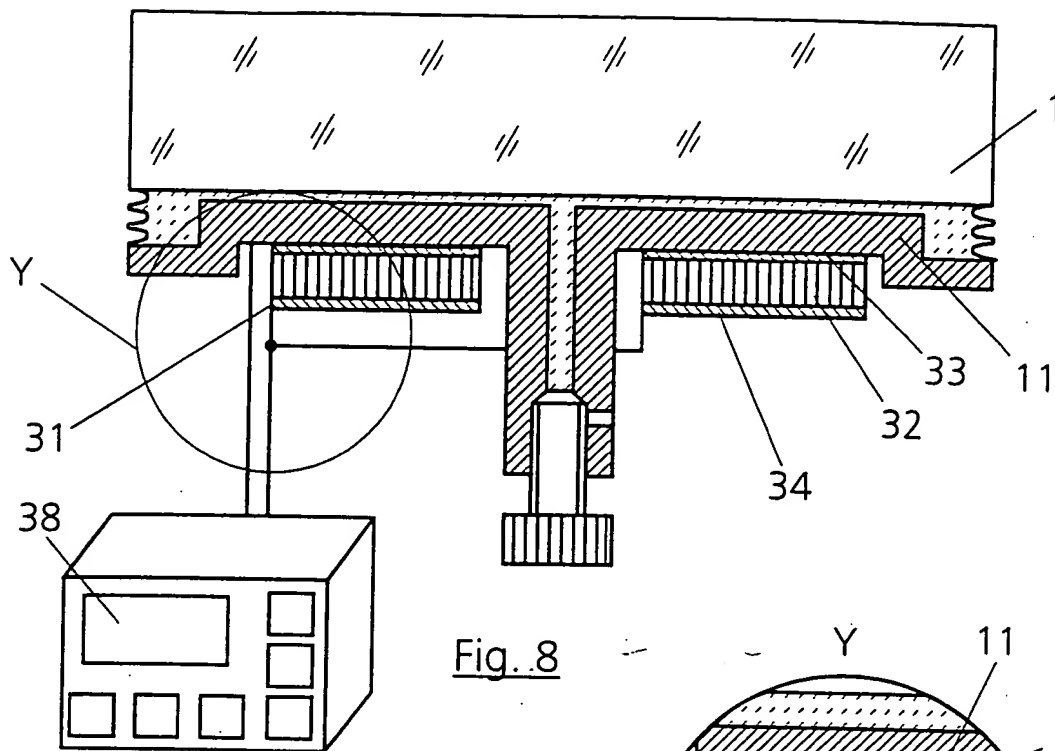
Die Figuren 4, 5 und 6 zeigen eine Vorrichtung mit einer Wärmeverteilungseinrichtung entsprechend der Ausführung nach Figur 2 mit dem Unterschied, daß der Wärmeverteilungskörper 11 als dünnwandiger Hohlkörper 13, z.B. einem Rohr, ausgeführt ist, welcher von einem zweiten Fluid 30 durchströmt wird, um durch den derart erfolgenden Stofftransport durch den Wärmeverteilungskörper auch die vom Wärmeverteilungskörper 11 aufgenommene Wärme zu transportieren und dadurch gleichmäßig zu verteilen. Ebenfalls im Unterschied zur Ausführung nach Figur 2 wird der Wärmeverteilungskörper aus dem inneren Volumen des thermisch belasteten Körpers 1 herausgeführt, um zwischen einer am Wärmeverteilungskörper angebrachten Einlaßöffnung 14 und einer ebenfalls am Wärmeverteilungskörper angebrachten Auslaßöffnung 15 für das strömende Fluid 30 eine Umwälzeinrichtung 29 in Form einer Medienpumpe anschließen zu können, wobei diese Umwälzeinrichtung 29 Teil der Wärmeverteilungseinrichtung ist. Zwischen den beiden Fluiden 17 und 30 der Wärmeverteilungseinrichtung ist streng zu unterscheiden, denn während das erste Fluid 17 dem Wärmeübergang zwischen thermisch belastetem Körper 1 und Wärmeverteilungskörper 11 bzw. 13 dient und überall den gleichen Mediendruck aufweist, dient das zweite Fluid 30 der Wärmeverteilung innerhalb des Wärmeverteilungskörpers und weist we-

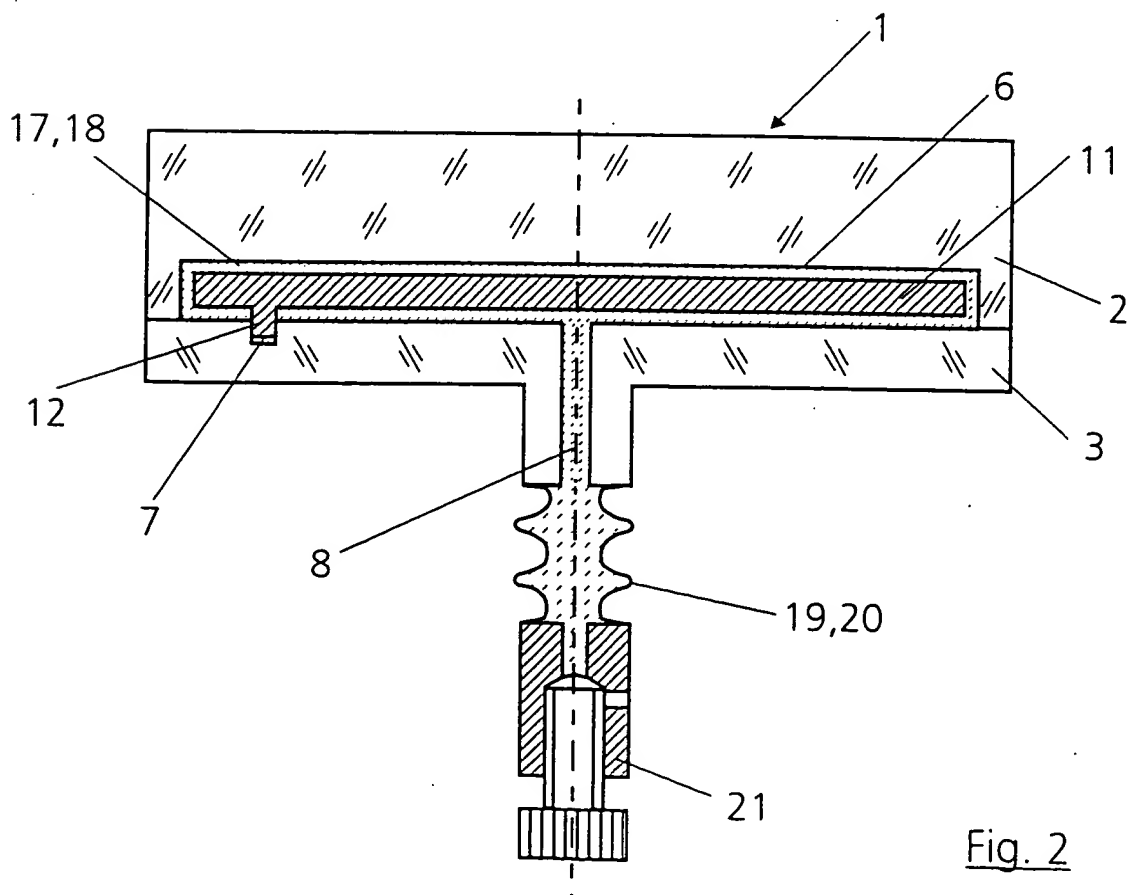
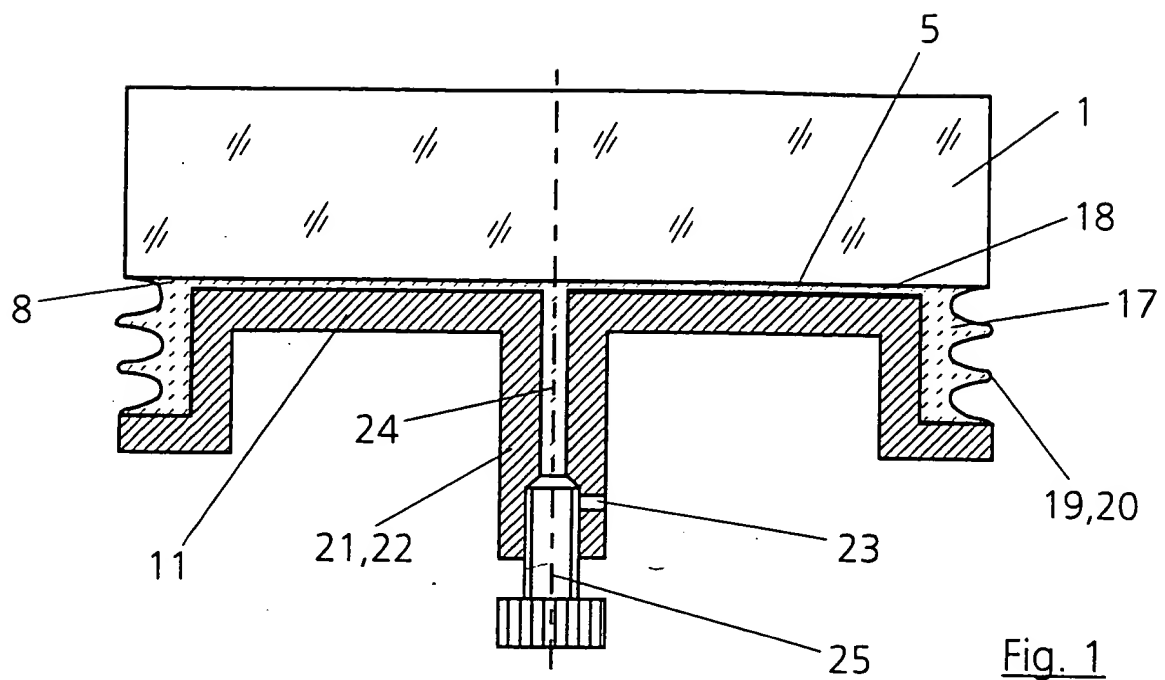
Patentansprüche:

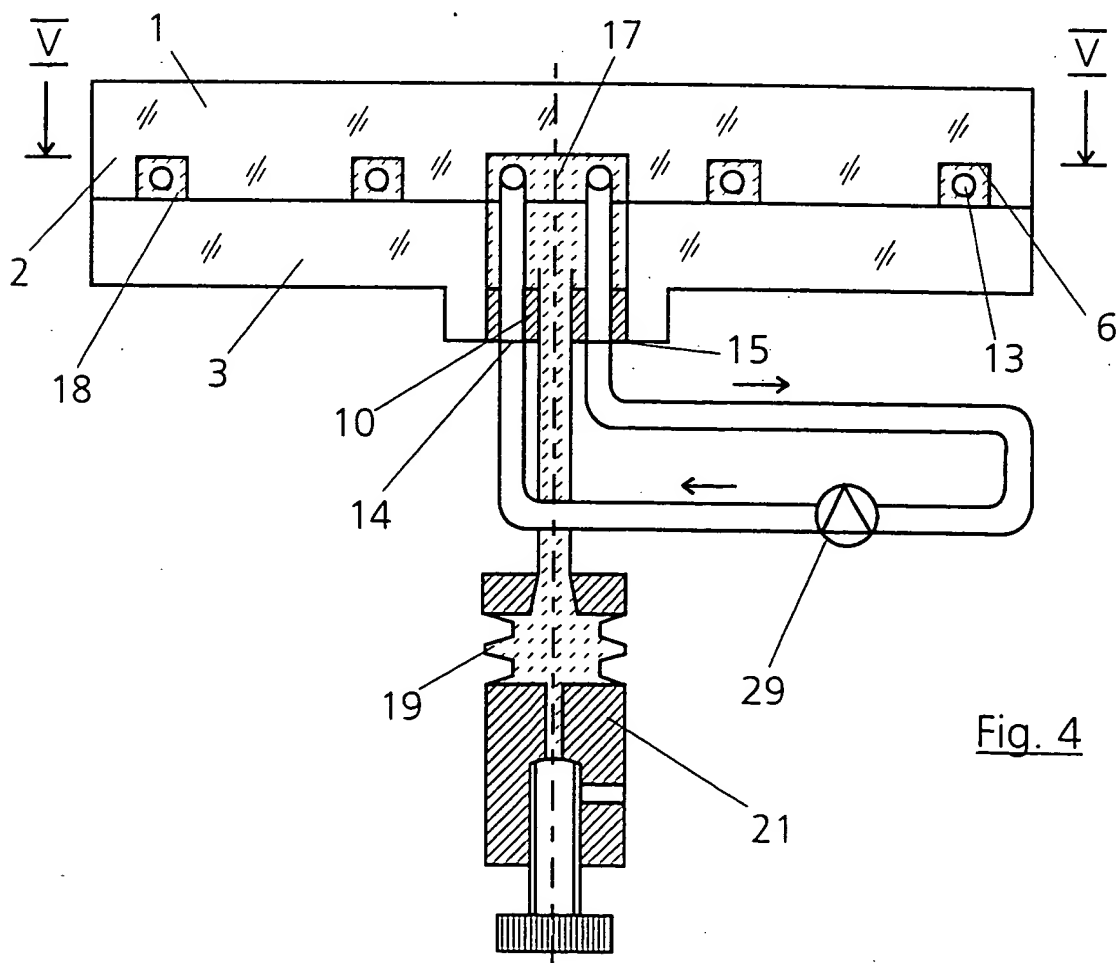
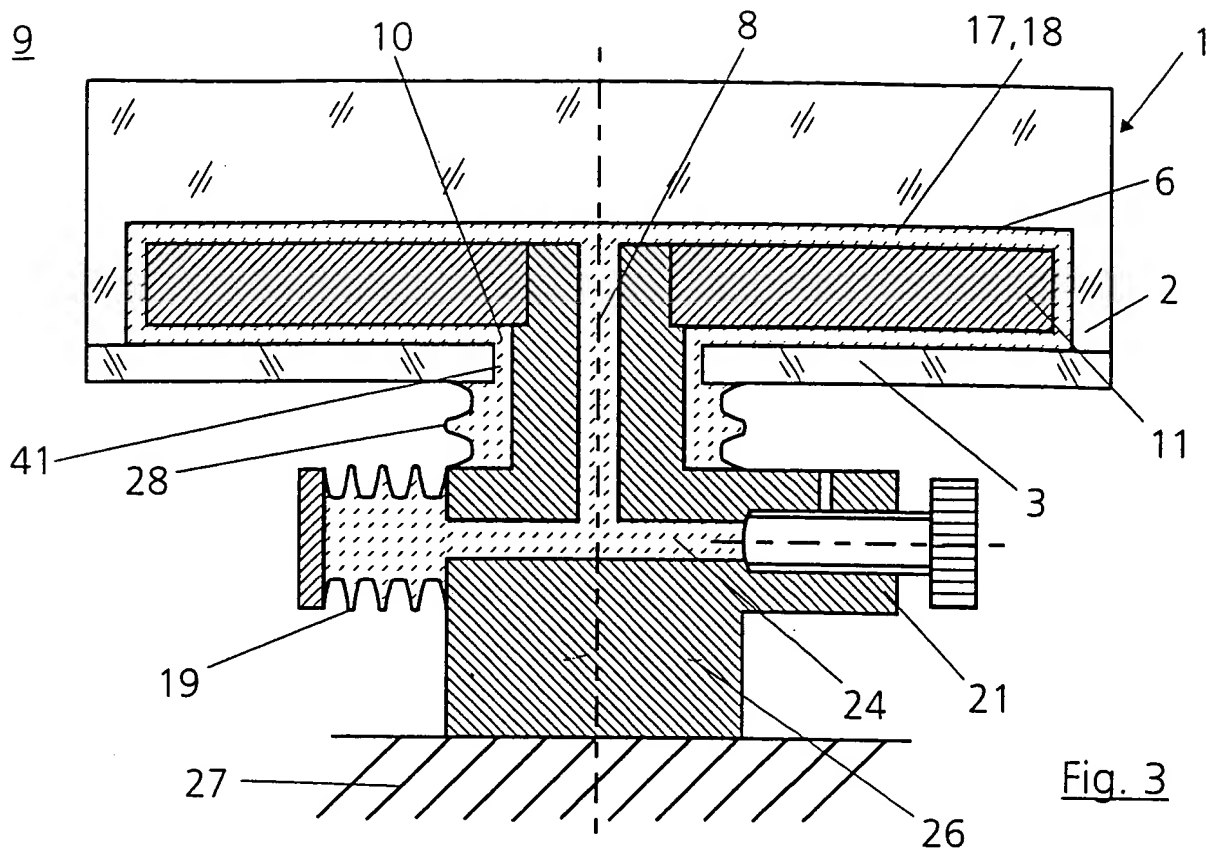
1. Vorrichtung zum Temperatenausgleich für thermisch belastete Körper aus Materialien niedriger spezifischer Wärmeleitfähigkeit, insbesondere für Träger reflektierender Schichten oder Substrate in der Optik, wie z.B. in Projektionsobjektiven für die Halbleiter-Lithographie, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wärmeverteilungseinrichtung mit ein oder mehreren Wärmeverteilungskörper (11,13) so an Oberflächen (5,6) des thermisch belasteten Körpers (1) adaptiert ist, daß zwischen dem thermisch belasteten Körper (1) und der Wärmeverteilungskörper (11,13) ein Spalt (18) verbleibt, der zum Zwecke der thermischen Kopplung von thermisch belasteten Körper und Wärmeverteilungskörper bei gleichzeitiger mechanischer Entkopplung mit einem Fluid (17) ausgefüllt ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der fluidgefüllte Spalt (18) über eine Verbindung (Volumenausgleichskanal 8) mit einer Druckausgleichseinrichtung (19) verbunden ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmeverteilungskörper (11) massiv und aus einem Material hoher spezifischer thermischer Leitfähigkeit ausgeführt sind, wobei die spezifische thermische Leitfähigkeit wesentlich größer, insbesondere wenigstens zehnmal größer ist als die des Materials, aus dem der thermisch belastete Körper (1) besteht.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einer der Wärmeverteilungskörper als Hohlkörper (13) ausgeführt ist, dessen inneres Volumen von einem Fluid (30) ausgefüllt ist, welches eine zirkulierende Strömungsbewegung vollzieht.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einer der Wärmeverteilungskörper (11,13) über

U. S. V. O. U. S. V. O. U. S. V. O.

- 14







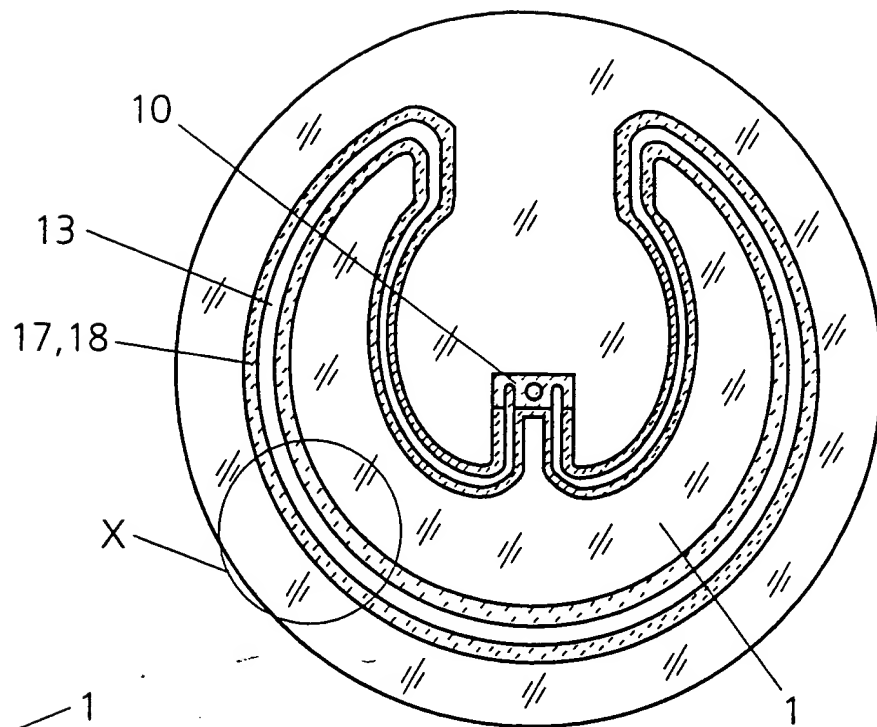


Fig. 5

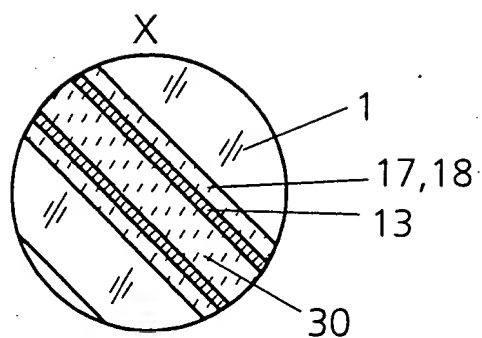


Fig. 6

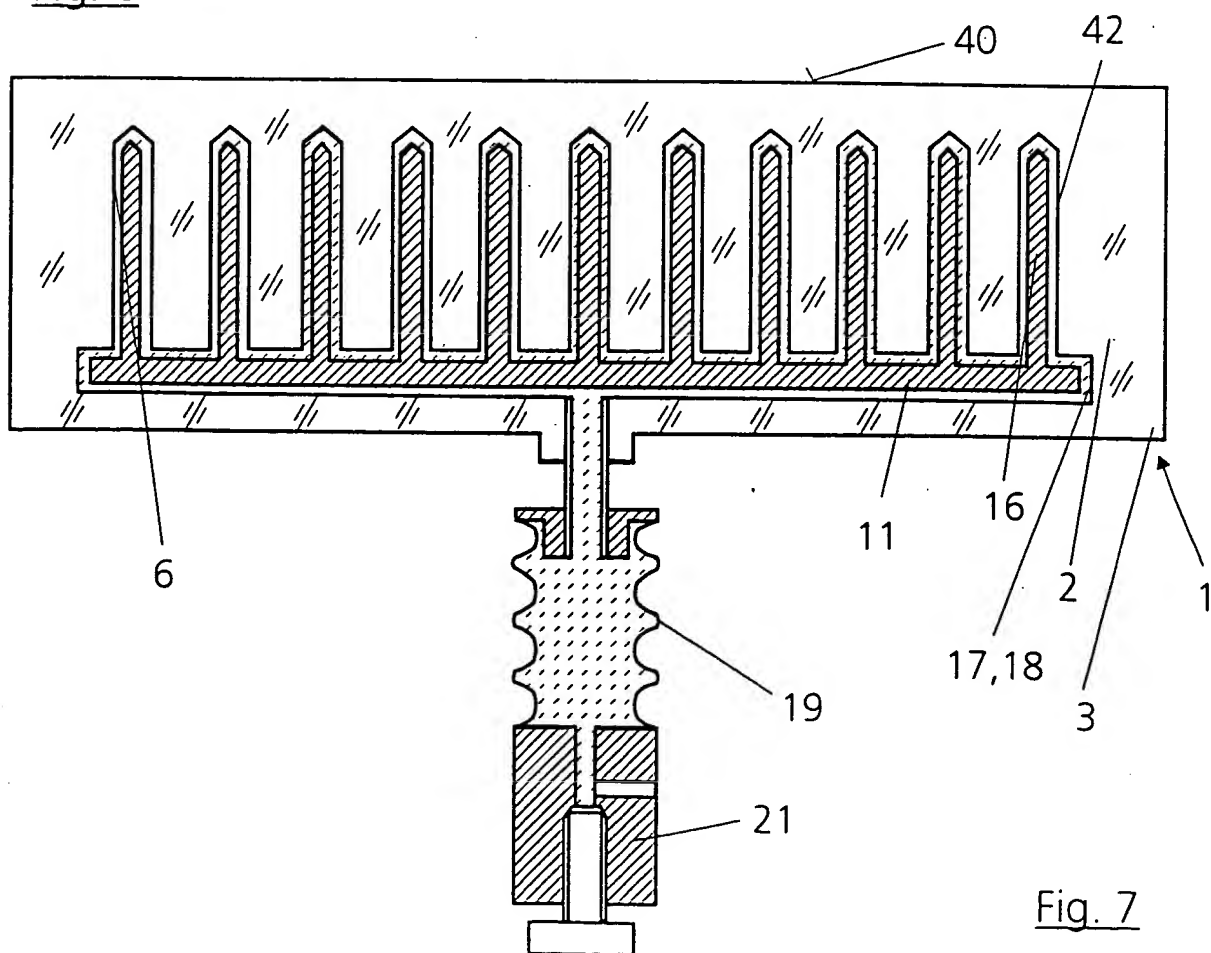


Fig. 7

12. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einer der Wärmeverteilungskörper (11,13) mit einer Vielzahl thermisch gut leitfähiger fingerartiger, wenigstens annähernd senkrecht zur optischen Oberfläche ausgerichteter Fortsätze (16) versehen ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Fortsätze (16) bis nahe an die optische Oberfläche heranreichen.
14. Projektionsobjektiv für die Halbleiter-Lithographie, mit wenigstens einem Spiegelträger, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Spiegelträger mit einer Wärmeverteilungsvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 12 versehen ist.